

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-277843

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/022

G02B 6/42

(21)Application number : 11-077091

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 23.03.1999

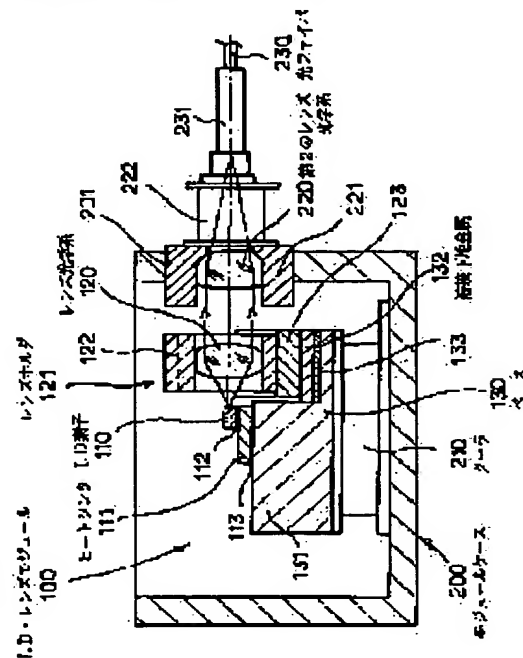
(72)Inventor : YOSHINO TAKASHI

(54) SEMICONDUCTOR LASER MODULE AND MANUFACTURE THEREOF

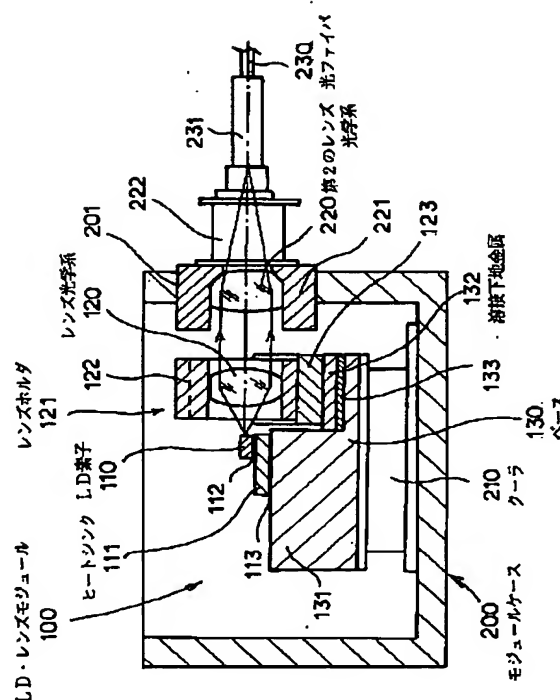
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser module, in which fitting of a lens optical system to a base, on which an LD element is mounted is realized by welding a lens holder, and reliability for temperature cycling is improved, and a method for manufacturing it.

SOLUTION: A base 130 on which an LD element 110 is mounted is composed of a material of high thermal conductivity, and further a welding base metal 132 of superior weldability is provided to the part of the base into a body, and a lens optical system 120, that is optically coupled to the LD element 110, is welded to the welding base metal 132 with a lens holder 121 (a lens tube 122 and a lens-fixing fitting 123) composed of a material whose thermal expansion coefficient is substantially equal to that of the welding base metal 132. Heat generated at the LD element 110 is rapidly radiated through the base 130, and deviation of the optical axis of the LD element 110 from that of the lens optical system 120 accompanying the thermal expansion variation of the base 130 and the lens holder 121 caused by heat generation of the LD element 110 is solved, so that reliability with respect to temperature cycling is improved.



LEGAL STATUS



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ベース上に半導体レーザ素子とレンズ光学系とを搭載した半導体レーザモジュールにおいて、前記ベースは熱伝導率の高い材料で構成されるとともに、その一部には溶接性の良い溶接下地金属が一体に設けられ、前記レンズ光学系は前記溶接下地金属と熱膨張係数がほぼ等しい材料からなるレンズホルダにより前記溶接下地金属に溶接されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 2】 前記ベースは銅タングステン (C u W) であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 3】 前記溶接下地金属は、前記ベースの熱膨張係数に近い熱膨張係数の材料で構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 4】 前記レンズホルダは、レンズを保持したレンズ鏡筒と、前記レンズ鏡筒を保持するレンズ固定金具とで構成され、少なくとも前記レンズ固定金具は前記溶接下地金属と同一の材料で構成される請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 5】 前記溶接下地金属及びレンズ固定金具はステンレス鋼 (S U S 4 3 0) である請求項 4 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 6】 前記溶接はレーザ溶接であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 に記載の半導体レーザモジュールが、光ファイバに対して光結合される第 2 のレンズ光学系を備えたモジュールケース内に内蔵され、前記半導体レーザモジュールのレンズ光学系と前記モジュールケースに設けられた第 2 のレンズ光学系とが光結合されることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 8】 熱伝導率の高い材料で構成されるベースの一部にレーザ溶接が可能な溶接下地金属を一体に設ける工程と、前記ベースの他の部分に半導体レーザ素子を搭載する工程と、前記半導体レーザを発光させて前記半導体レーザ素子から出射されるレーザ光に対してレンズ光学系を光軸合わせしながら前記レンズ光学系のレンズホルダを前記溶接下地金属上にレーザ溶接する工程を含み、前記レンズホルダと前記溶接下地金属にそれぞれの熱膨張率がほぼ等しい材料を用いることを特徴とする半導体レーザモジュールの製造方法。

【請求項 9】 前記レンズ光学系は、レンズを保持するレンズ鏡筒と、前記レンズ鏡筒を保持するレンズ固定金具とで構成され、前記レンズ固定金具をレーザ溶接した後、前記レンズ固定金具に対して前記レンズ鏡筒をレーザ溶接する工程を含む請求項 8 に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

【請求項 1 0】 前記レーザ溶接は Y A G 溶接であるこ

とを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ素子（以下、L D 素子と称する）とレンズ光学系とを一体化した半導体レーザモジュールに関し、特に高出力の L D 素子を搭載した半導体レーザモジュールとその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】半導体レーザモジュールは光ファイバ通信システムで利用されており、L D 素子で発光したレーザ光をレンズ光学系により光ファイバに光結合し、光ファイバを伝送する構成となっている。そのため、この種の半導体レーザモジュールは、L D 素子の発光光軸とレンズ光学系の光軸とを一致させた状態で、金属製のベース上に L D 素子とレンズ光学系を搭載した構成がとられている。図 8 は従来の半導体レーザモジュールの断面構成図であり、L D 素子 1 1 0 は窒化アルミニウム (A l N) で構成されたヒートシンク 1 1 1 に搭載され、かつこのヒートシンク 1 1 1 を介してコパー (K O V A R) で構成されたベース 1 3 0' 上に固着されている。また、前記 L D 素子 1 1 0 に対向する位置の前記ベース 1 3 0' 上には、鋼材で構成されたレンズ鏡筒 1 2 2 とレンズ固定金具 1 2 3 からなるレンズホルダ 1 2 1 に組み立てられたレンズ光学系 1 2 0 が溶接により一体に取り付けられている。そして、前記構成のモジュール 1 0 0' は、光ファイバ 2 3 0 に光学結合している第 2 のレンズ光学系 2 2 0 を備えるモジュールケース 2 0 0 内に内装され、このモジュールケース 2 0 0 内においてベルチェ素子等のクーラ（冷却装置）2 1 0 上に搭載されて組み立てられる。なお、この組み立て状態では、前記レンズ光学系 1 2 0 は第 2 のレンズ光学系 2 2 0 に光結合され、前記 L D 素子 1 1 0 の発光光を前記レンズ光学系 1 2 0、第 2 のレンズ光学系 2 2 0 を介して光ファイバ 2 3 0 に導入させている。

【 0 0 0 3 】このような半導体レーザモジュールの組み立てにおいて、L D 素子 1 1 0 とレンズ光学系 1 2 0 の光軸を一致させる技術として、先ず L D 素子 1 1 0 をベース 1 3 0' 上に搭載した上で、L D 素子 1 1 0 を発光動作させ、この L D 素子 1 1 0 から出射されるレーザ光を基準にしてレンズ光学系 1 2 0 の光軸が一致するように位置決めを行い、しかる上でレンズ光学系 1 2 0 のレンズホルダ 1 2 1 をベース 1 3 0' に溶接する手法がとられている。ここで、前記半導体レーザモジュールでは、前記ベース 1 3 0' の材料として前記したようにコパーが用いられている。これは、前記したように L D 素子 1 1 0 に対してレンズ光学系 1 2 0 の光軸位置合わせを行いながらレンズホルダ 1 2 1 をベース 1 3 0' に固定しているために、作業性の良い溶接 Y A G レーザを用

いた溶接が行われているためであり、このYAG溶接が可能な金属材料としてコパーが選択されている。因みに、レンズホルダ121をベース130'に対してろう付けする技術では、レンズホルダ121を高精度に固定することが困難である。

【0004】ところで、近年における光ファイバ通信システムでは、光伝送路を構成するための光ファイバ内を伝送する光信号を光ファイバ増幅器によって増幅する技術が提案されている。この光増幅器は、希土類元素であるエルビウムを添加した光ファイバ増幅器（以下、EDFAと称する）として構成され、このEDFAに信号光を励起するための高出力の励起光を供給する。この励起光を供給する励起用半導体レーザモジュールとして前記した構成の半導体レーザモジュールが利用されているが、所要の高光出力を得るために、LD素子に大電流を供給する必要があるため、そのためLD素子での発熱量も顕著なものとなる。従来では、LD素子で発生した熱の放熱効果を高めるために、図8に示したように、LD素子110を搭載したベース130'をクーラ210を介してモジュールケース200に内装しており、LD素子110で発生した熱は、ヒートシンク111を介してベース130'に伝達され、さらにベース130'の下側に配置されているクーラ210によって冷却することが可能とされている。

【0005】しかしながら、前記したように、ベース130'の材料としてコパーを用いている従来の半導体レーザモジュールでは、コパーの熱伝導率が17W/mKと極めて低いために、EDFA用の励起用半導体レーザモジュールとして、例えば、 $0.5A \times 2V = 1W$ で駆動したときに、要求される冷却特性（ $T_c = 65^\circ C$ にて $\Delta T = 40K$ ）を満足することができない。そこで、半導体モジュールのベース130'の金属材料として、熱伝導率が（ $\sim 200W/mK$ ）とコパーに比較して格段に高い銅タングステン（CuW）を用いることが行われている。例えば、特開平7-140362号公報にはベースとして銅タングステンやシリコンカーバイトを用いることで、LD素子の放熱特性を改善し、高出力動作が得られることが記載されている。

【0006】また、ベースに銅タングステンを用いると、銅タングステンはYAG溶接によるレンズ固定金具の取り付けが不可能であるため、前記従来の半導体レーザモジュールのように、ベースに先にLD素子を固着しておき、LD素子の光軸に対してレンズ光学系を光軸合わせしながらレンズ光学系のレンズホルダをベースに取り付ける構造の半導体モジュールへの適用は困難である。このような問題に対しては、レンズホルダを取り付けるベース130'の表面に、図8に鎖線で示すように、予めYAG溶接が可能な金属、例えばコパーを溶接下地金属132'としてろう付け等によって一体化しておき、レンズホルダ121をこの溶接下地金属132' 50

にYAG溶接することが考えられる。このようにYAG溶接を可能とするために、構成部品の一部にコパーを使用する技術としては、例えば、特開平9-138329号公報に記載の技術がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、レンズホルダ121をベース130'に溶接するための溶接下地金属132'としてコパーを用いた場合には、レンズホルダ121を構成しているレンズ鏡筒122の鋼材（SF20T）の熱膨張係数（ $11 \times 10^{-6}/^\circ C$ ）や、レンズ固定金具123のステンレス鋼（SUS304）の熱膨張係数（ $18 \times 10^{-6}/^\circ C$ ）に対して溶接下地金属132'としてのコパーの熱膨張係数（ $5.3 \times 10^{-6}/^\circ C$ ）に比較的大きな差があるため、LD素子110で発生した熱によってレンズ固定金具123及びレンズ鏡筒122と溶接下地金属132'との間に熱ストレスが生じ、この熱ストレスによってベース130'に対するレンズホルダ121の取り付け位置が変動され、LD素子110とレンズ光学系120との光軸にずれが生じるおそれがある。また、ベース130'の銅タングステンの熱膨張係数（ $8.5 \times 10^{-6}/^\circ C$ ）と、溶接下地金属132'のコパーとの熱膨張係数の差によって溶接下地金属132'が変形され、その結果レンズホルダ121の取り付け位置が変動されることもある。このような、熱膨張係数の差に伴う光軸ずれは、前記したEDFAの励起用半導体レーザモジュールとして構成したときには、光学結合設計の余裕度を越えて無視できないものとなり、結果として半導体レーザモジュールにおける温度サイクルの信頼性の低下が生じることになる。

【0008】本発明の目的は、ベースに搭載するレンズ光学系のレンズホルダの溶接による取り付けを実現するとともに、温度サイクル等の熱的環境試験に対する信頼性を高めた半導体レーザモジュールとその製造方法を提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザモジュールは、LD素子を搭載するベースは熱伝導率の高い材料で構成されるとともに、その一部には溶接性の良い溶接下地金属が一体に設けられ、前記ベースに搭載されるレンズ光学系は前記溶接下地金属と熱膨張係数がほぼ等しい材料からなるレンズホルダにより前記溶接下地金属に溶接されていることを特徴とする。ここで、前記ベースは銅タングステン（CuW）で構成される。また、前記溶接下地金属は、前記ベースの熱膨張係数に近い熱膨張係数の材料で構成される。さらに、前記レンズホルダは、レンズを保持したレンズ鏡筒と、前記レンズ鏡筒を保持するレンズ固定金具とで構成され、少なくとも前記レンズ固定金具は前記溶接下地金属と同一の材料で構成されることが好ましい。この場合、前記溶接下地金属及びレンズ固定金具はステンレス鋼（SUS43

0) で構成することが好ましい。また、本発明の半導体レーザモジュールは、光ファイバに対して光結合される第 2 のレンズ光学系を備えたモジュールケース内に内蔵され、半導体レーザモジュールのレンズ光学系と前記モジュールケースに設けられた第 2 のレンズ光学系とが光結合される構成であることが好ましい。

【0010】本発明の半導体レーザモジュールの製造方法は、熱伝導率の高い材料で構成されるベースの一部にレーザ溶接が可能な溶接下地金属を一体に設ける工程と、前記ベースの他の部分に半導体レーザ素子を搭載する工程と、前記半導体レーザを発光させて前記半導体レーザ素子から出射されるレーザ光に対してレンズ光学系を光軸合わせしながら前記レンズ光学系のレンズホルダを前記溶接下地金属上にレーザ溶接する工程を含み、前記レンズホルダと前記溶接下地金属にそれぞれの熱膨張率がほぼ等しい材料を用いることを特徴とする。前記レンズ光学系は、レンズを保持するレンズ鏡筒と、前記レンズ鏡筒を保持するレンズ固定金具とで構成され、前記レンズ固定金具をレーザ溶接した後に、前記レンズ固定金具に対して前記レンズ鏡筒をレーザ溶接することが好ましい。

【0011】本発明の半導体レーザモジュールでは、ベースに溶接下地金属を設けることにより、ベースとして熱伝導率の高い材料を選択したときに、ベースに対するレンズホルダの溶接が困難な場合においても、レンズホルダを溶接下地金属に対して溶接することで、ベースへのレンズホルダの取り付けが可能となる。また、レンズホルダとして、溶接下地金属と熱膨張係数がほぼ等しい材料を用いることで、LD素子の発熱によってもLD素子とレンズ光学系との光軸ずれを抑制することが可能となる。さらに、溶接下地金属をベースの熱膨張係数に近い熱膨張係数の材料を用いることで、光軸ずれをさらに抑制することが可能となる。

【0012】なお、本発明に近い技術として、特開平 8 - 2 5 4 7 2 3 号公報には、銅タングステンで構成した光学ベースの穴に、ステンレス鋼やコパー等の溶接性の良い材料で形成した円筒状部材を取り付けておき、そこにレンズ固定金具を溶接する技術が記載されている。このため、ベース側に取り付ける材料としてステンレス鋼を用いる点で本発明と共通するが、この公報の技術は、ステンレス鋼は円筒状部材として構成されて光学ベースの穴内に挿入する構成である。そのため、円筒状部材が温度サイクルによって熱膨張した場合でも中心軸に対して対称に変形されるため、円筒状部材で保持している光ファイバの光軸ずれに与える影響はない。しかしながら、本発明のような円筒状部材をしていない溶接下地金属に単にステンレス鋼を用いる場合には、円筒状部材のような中心軸に対する対称性が得られないため、レンズ光学系の光軸ずれを防止することは不可能である。また、前記公報ではレンズホルダをレンズ固定金具と熱膨

張係数がほぼ等しい材料で構成することについても記載はない。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図 1 は本発明の半導体レーザモジュールの一部を分解した斜視図、図 2 及び図 3 はその組立状態の平面図と断面図である。半導体レーザモジュール 1 は、LD素子 110 とレンズ光学系 120 を一体的に構成した狭義の半導体レーザモジュール 100 と、前記半導体レーザモジュール 100 を内装するモジュールケース 200 とで構成される。ここで、狭義の半導体レーザモジュール 100 のことをここでは LD・レンズモジュールと称する。前記 LD・レンズモジュール 100 は銅タングステン (CuW) からなるベース 130 に前記 LD素子 110 とレンズ光学系 120 を取り付けしており、前記 LD素子 110 は、窒化アルミニウム (AlN) からなるヒートシンク 111 上に金属ろう材 112 によってろう付けされ、さらに、前記ヒートシンク 111 は前記ベース 130 の上面に突出形成された台部 131 の上面に金属ろう材 113 によってろう付けされている。また、前記ベース 130 の前記台部 131 の上面の他の箇所には回路基板 140 が搭載されており、前記 LD素子 110 は前記回路基板 140 に金属細線 141 によりワイヤボンディングされ、前記回路基板 140 を介して給電が行われるようになっている。

【0014】一方、前記 LD素子 110 に対向する位置の前記ベース 130 の上面には、ステンレス鋼鉄 (SUS430) からなる平板状の溶接下地金属 132 が Ag-Cu ろう材 133 等によるろう付けにより一体化されている。そして、この溶接下地金属 132 上に前記レンズ光学系 120 のレンズホルダ 121 が固定されている。前記レンズホルダ 121 はレンズ鏡筒 122 とレンズ固定金具 123 とで構成されており、前記レンズ光学系 120 を構成する 1 枚以上のレンズは外形状が矩形に近い形をした鋼材 (SF20T) からなる前記レンズ鏡筒 122 内に構成されており、このレンズ鏡筒 122 は上向きコ字状をしたステンレス鋼 (SUS430) からなる前記レンズ固定金具 123 に、YAG 溶接により固定されている。また、前記レンズ固定金具 123 は前記溶接下地金属 132 の上面に YAG 溶接により固定されている。図 2 の黒丸で示す箇所が YAG 溶接の箇所である。なお、前記レンズ光学系 120 は、前記 LD素子 110 の光軸と一致する光軸位置で、かつレンズ光学系 120 の焦点位置に前記 LD素子 110 の発光面が位置するように位置決めされることは言うまでもない。

【0015】このような構成の LD・レンズモジュール 100 は、前記モジュールケース 200 内に内装される。前記モジュールケース 200 は金属材によって箱型に形成されており、その内底面にはペルチェ素子で構成されるクーラ 210 が配設されており、前記 LD・レン

ズモジュール 1 0 0 のベース 1 3 0 は前記クーラ 2 1 0 上に搭載される。また、前記モジュールケース 2 0 0 の一側面には、円形の開口 2 0 1 が開けられており、この開口 2 0 1 内には第 2 のレンズ光学系 2 2 0 が固定されている。前記第 2 のレンズ光学系 2 2 0 は、前記 L D ・ レンズモジュール 1 0 0 のレンズ固定金具 1 2 3 と同様なステンレス鋼からなるレンズ鏡筒 2 2 1 により前記開口 2 0 1 内に挿入され、かつ半田材等により固定されている。また、前記レンズ鏡筒 2 2 1 には光ファイバ 2 3 0 の一端部に設けられたピグテール 2 3 1 を固定するための円筒状のホルダ 2 2 2 が一体に設けられており、前記光ファイバ 2 3 0 のピグテール 2 3 1 は前記第 2 のレンズ光学系 2 2 0 に対して光軸合わせした状態で前記ホルダ 2 2 2 に Y A G 溶接により固定されている。なお、前記光ファイバ 2 3 0 はその一端部の端面が前記第 2 のレンズ光学系 2 2 0 の焦点位置に位置決めされていることは言うまでもない。また、この実施形態では前記モジュールケース 2 0 0 には、図外の電源系の回路に接続されるリード端子 2 4 0 が配設されており、このリード端子 2 4 0 が前記モジュールケース 2 0 0 の内側に延長される部位には前記 L D ・ レンズモジュール 1 0 0 の回路基板 1 4 0 に金属細線 2 4 1 でワイヤボンディングされている。

【 0 0 1 6 】 以上のように構成された半導体レーザモジュールのうち、前記 L D ・ レンズモジュール 1 0 0 の組み立て方法を図 4 ～ 図 6 を参照して説明する。先ず、図 4 において、予備工程として、銅タングステンで構成されるベース 1 3 0 の上面の一部に、ステンレス鋼 (S U S 4 3 0) からなる溶接下地金属 1 3 2 を A g - C u ろう材 1 3 3 を用いた貼り合わせにより一体化しておく。また、搭載する L D 素子 1 1 0 をヒートシンク 1 1 1 に A u - S n ソルダ (1 1 2) によりソルダ止めしておく。しかる上で、前記ベース 1 3 0 を作業用のステージ (図示せず) に固定し、かつ前記 L D 素子 1 1 0 を搭載した前記ヒートシンク 1 1 1 をアクチュエータ A 1 で把持してベース 1 3 0 の台部 1 3 1 の上面に A u - S n ソルダ 1 1 3 によりソルダ止めする。このときには、例えば、前記台部 1 3 1 の上面に形成した位置決め線等を利用して、あるいはヒートシンク 1 1 1 を把持するアクチュエータ A 1 の機械的な位置決めにより L D 素子 1 1 0 及びヒートシンク 1 1 1 の平面 X Y 方向の位置を設定することで、ステージ上に載置されているベース 1 3 0 に対しての位置決めが行われる。なお、ここで X 方向とは前記 L D 素子 1 1 0 の光軸方向であり、 Y 方向とは X 方向に平面上で直交する方向である。

【 0 0 1 7 】 次いで、図 5 のように、前記台部 1 3 1 に搭載した L D 素子 1 1 0 を、前記台部 1 3 1 の上面に予め搭載されている回路基板 1 4 0 の導電部に対して金属細線 1 4 1 によりワイヤボンディングし、電氣的に接続する。しかる上で、前記ベース 1 3 0 に一体化されてい

る前記溶接下地金属 1 3 2 上に上向きコ字状のレンズ固定金具 1 2 3 を載置し、さらにレンズ固定金具 1 2 3 の両側壁間にレンズ鏡筒 1 2 2 を配置する。そして、前記レンズ鏡筒 1 2 2 の上面の突部 1 2 4 をアクチュエータ A 2 で保持して前記レンズ鏡筒 1 2 2 及びレンズ固定金具 1 2 3 を一体的に前記溶接下地金属 1 3 2 の上面上で平面 Y 方向に移動可能とする状態に設定する。また、前記ベース 1 3 0 及び回路基板 1 4 0 に対して図外の給電部に接続されているプローブ P を接触し、前記 L D 素子 1 1 0 に給電を行って L D 素子 1 1 0 を発光させる。そして、前記レンズ光学系 1 2 0 の前記 L D 素子 1 1 0 とは反対側の光軸位置においてレンズ光学系 1 2 0 及び第 2 のレンズ光学系 2 2 0 を透過して集光された光を測定用光ファイバ F を通して検出し、かつ光検出器 P D で測光を行い、その測光値が最大となるように前記レンズ光学系 1 2 0 の光軸合わせを行う。ここでは、アクチュエータ A 2 により平面 Y 方向にレンズ鏡筒 1 2 2 とレンズ固定金具 1 2 3 を一体的に移動して L D 素子 1 1 0 に対するレンズ光学系 1 2 0 の光軸合わせを行なう。そして、その光軸合わせされた位置において、同図に黒丸 X 1 で示すように、レンズ固定金具と溶接下地金属との境界の複数箇所に Y A G レーザ装置 Y L から Y A G レーザを照射し、レンズ固定金具 1 2 3 を溶接下地金属 1 3 2 に Y A G 溶接する。このとき、レンズ固定金具 1 2 3 と溶接下地金属 1 3 2 は同じステンレス鋼であるため、 Y A G 溶接は可能である。

【 0 0 1 8 】 しかる後、図 6 のように、溶接下地金属 1 3 2 上に固定されたレンズ固定金具 1 2 3 内において、レンズ鏡筒 1 2 2 のみがアクチュエータ A 2 によって平面 X 方向と Z 方向 (上下方向) に移動可能な状態として、レンズ鏡筒 1 2 2 を L D 素子 1 1 0 に対して微細な光軸合わせを行なう。この場合においても、プローブ P からの給電により L D 素子 1 1 0 を発光させ、前記光ファイバ F 及び光検出器 P D を利用してレンズ光学系 1 2 0 及び第 2 のレンズ光学系 2 2 0 を透過して集光させた測光値が最大となる位置を設定する。そして、この光軸合わせした位置において、同図に黒丸 X 2 で示すように、レンズ鏡筒 1 2 2 とレンズ固定金具 1 2 3 との境界の複数箇所に Y A G レーザ装置 Y L から Y A G レーザを照射し、レンズ鏡筒 1 2 2 をレンズ固定金具 1 2 3 に Y A G 溶接する。このとき、レンズ鏡筒 1 2 2 は鋼材であるため、レンズ固定金具 1 2 3 との Y A G 溶接は可能である。これにより、 L D 素子 1 1 0 に対して光軸合わせしたレンズ光学系 1 2 0 をベース 1 3 0 に取り付けることが完了される。

【 0 0 1 9 】 なお、以上のように組み立てられた L D ・ レンズモジュール 1 0 0 は、前記モジュールケース 2 0 0 内に予め配設してあるクーラ 2 1 0 上に搭載し、固定する。その際には、前記 L D ・ レンズモジュール 1 0 0 の L D 素子 1 1 0 及びレンズ光学系 1 2 0 を前記モジュ

10

20

30

40

50

ールケース 2 0 0 に設けられている第 2 のレンズ光学系 2 2 0 に対して光軸合わせを行う。この際の光軸合わせでは、第 2 のレンズ光学系 2 2 0 に接続される光ファイバ 2 3 0 を通して測光を行なうことにより、前記と同様に適正な光軸合わせが可能になる。

【0 0 2 0】以上の製造工程によれば、熱伝導率が $\sim 200\text{ W/mK}$ と、コパーよりも大きい一方で、YAG 溶接による固定が困難な銅タングステンで LD・レンズモジュール 1 0 0 のベース 1 3 0 を形成しても、レンズホルダ 1 2 1、すなわちレンズ固定金具 1 2 3 をベース 1 3 0 に固定する箇所は YAG 溶接が可能なステンレス鋼からなる溶接下地金属 1 3 2 が存在しているため、両者の YAG 溶接が可能となる。もちろん、レンズ鏡筒 1 2 2 をレンズ固定金具 1 2 3 に固定する際にも YAG 溶接が可能となる。そのため、前記した組み立て時に、LD 素子 1 1 0 を発光させ、その発光光を利用してレンズ光学系 1 2 0 に対する光軸合わせを行いながらのレンズ鏡筒 1 2 2 及びレンズ固定金具 1 2 3 の位置決め、さらにレンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 の YAG 溶接による固定が可能となり、高精度に光軸合わせされた LD・レンズモジュール 1 0 0 の組み立てが可能となる。因みに、レンズ固定金具 1 2 3 やレンズ鏡筒 1 2 2 をろう材や接着剤等によりベース 1 3 0 に固定したときには、位置合わせ後のろう材や接着剤の固化時に位置ずれが生じ易く、高精度の位置決め固定は困難である。

【0 0 2 1】したがって、このようにして組み立てられた半導体レーザモジュール 1 では、LD 素子 1 1 0 が発光したときに生じる熱を、熱伝導率の大きい銅タングステンからなるベース 1 3 0 によって速やかに伝熱し、下面に設けたクーラ 2 1 0 により冷却することが可能となり、EDFA 用の励起用半導体レーザモジュールとして構成した場合に、LD 素子 1 1 0 の光出力が増大された場合でも所要の冷却特性を満たすことが可能となる。

【0 0 2 2】また、一方で、図 7 (a) に前記 LD・レンズモジュール 1 0 0 を構成する各部の材料とその熱膨張係数を示すように、ベース 1 3 0 の銅タングステンの熱膨張係数 ($8.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) に対し、溶接下地金属 1 3 2 及びレンズ固定金具 1 2 3 のステンレス鋼 (SUS 4 3 0) の熱膨張係数は ($11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) であり、またレンズ鏡筒 1 2 2 の鋼材 (SF 2 0 T) の熱膨張係数は ($11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) である。このため、ベース 1 3 0、溶接下地金属 1 3 2、レンズ固定金具 1 2 3、レンズ鏡筒 1 2 2 の相互間におけるそれぞれの熱膨張係数の差は ($2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 0, 0) であり、LD 素子 1 1 0 の発熱等による熱サイクルを受けた場合でも、レンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 に加えられる熱ストレスは低減でき、熱ストレスによるレンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 の変形は抑制される。これにより、熱サイクルによる LD 素子 1 1 0 とレンズ光学系 1 2 0 との間の光軸のずれが実害のない程

度に抑制でき、半導体レーザモジュールの信頼性が改善される。

【0 0 2 3】因みに、図 8 に鎖線で示したコパーの溶接下地金属 1 3 2' を設けた従来の半導体レーザモジュールの場合を比較例として図 7 (b) に示すと、溶接下地金属 1 3 2' としてのコパーの熱膨張係数は ($5.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) であり、レンズ固定金具 1 2 3 としてのステンレス鋼 (SUS 3 0 4) の熱膨張係数は ($18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) であるため、ベース 1 3 0'、溶接下地金属 1 3 2'、レンズ固定金具 1 2 3、レンズ鏡筒 1 2 2 の相互間におけるそれぞれの熱膨張係数の差は ($3.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, $12.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) であり、LD 素子 1 1 0 の発熱等による熱サイクルを受けた場合における、レンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 に加えられる熱ストレスは大きく、熱ストレスによるレンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 の光軸ずれは顕著なものとなる。なお、この場合、レンズ固定金具 1 2 3 に本発明と同様なステンレス鋼 (SUS 4 3 0) を用いた場合でも、コパーとの熱膨張係数の差は ($5.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) であり、レンズ固定金具 1 2 3 及びレンズ鏡筒 1 2 2 における熱ストレスによる光軸ずれを抑制することは困難である。

【0 0 2 4】なお、前記実施形態の半導体レーザモジュール 1 においても、LD 素子 1 1 0 の光出力を EDFA 用に高めた場合には、LD 素子 1 1 0 による発熱の影響が大きく、LD・レンズモジュール 1 0 0 のレンズ光学系 1 2 0 と、モジュールケース 2 0 0 の第 2 のレンズ光学系 2 2 0 との間に多少の光軸ずれが生じることが考えられる。しかしながら、この半導体レーザモジュールでは、これらレンズ光学系 1 2 0 と第 2 のレンズ光学系 2 2 0 とは、図 3 に示すように、平行光束によって光結合しているため、レンズ光学系 1 2 0 と第 2 のレンズ光学系 2 2 0 との間に光軸と垂直な方向の光軸ずれが生じた場合でも、その光軸ずれによる LD 素子 1 1 0 と光ファイバ 2 3 0 との間の光結合効率の低下は殆ど生じることはなく、高い光結合効率を維持することが可能である。

【0 0 2 5】ここで、前記実施形態では、溶接下地金属として、ステンレス鋼 (SUS 4 3 0) を用いているが、溶接、特に YAG 溶接のようなレーザ溶接が可能な材料で、かつベースを構成する銅タングステンと熱膨張係数が近い材料であれば、同様に適用することが可能である。また、レンズ固定金具及びレンズ鏡筒は、前記溶接下地金属と熱膨張係数が同一でなくとも、ほぼ同一であればよく、したがってこれらの部材は必ずしも同一材料で構成される必要はない。さらに、前記実施形態では、レンズ光学系の光軸合わせを容易に行うために、レンズホルダをレンズ鏡筒とレンズ固定金具とで別体に構成しているが、光軸合わせに支障がなければ、レンズホルダを 1 つのブロックとして構成することも可能である。この場合には、レンズホルダ全体が 1 つの材料で構

成されるため、前記実施形態よりも熱膨張係数による光軸ずれの影響をさらに小さくすることができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、LD素子を搭載するベースを熱伝導率の高い材料で構成するとともに、その一部には溶接性の良い溶接下地金属を一体に設けておき、LD素子に光結合されるレンズ光学系は前記溶接下地金属と熱膨張係数がほぼ等しい材料からなるレンズホルダにより溶接下地金属に溶接した構成とすることで、LD素子での発熱をベースを通して速やかに放熱することが可能であり、またその一方でLD素子の発熱によるベース及びレンズホルダ等の熱膨張変化に伴うLD素子とレンズ光学系との光軸ずれを解消し、温度サイクルに対する信頼性を改善することが可能となる。これにより、本発明の半導体レーザモジュールを高光出力が要求されるEDFA用の励起用半導体レーザモジュールとして構成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザモジュールの実施形態の一部を分解した斜視図である。

【図2】図1の半導体レーザモジュールの組み立て状態の平面図である。

【図3】図2のAA線に沿う断面図である。

【図4】本発明の半導体レーザモジュールの製造方法を示す組立工程のその1の斜視図である。

【図5】本発明の半導体レーザモジュールの製造方法を示す組立工程のその2の斜視図である。

【図6】本発明の半導体レーザモジュールの製造方法を示す組立工程のその3の斜視図である。

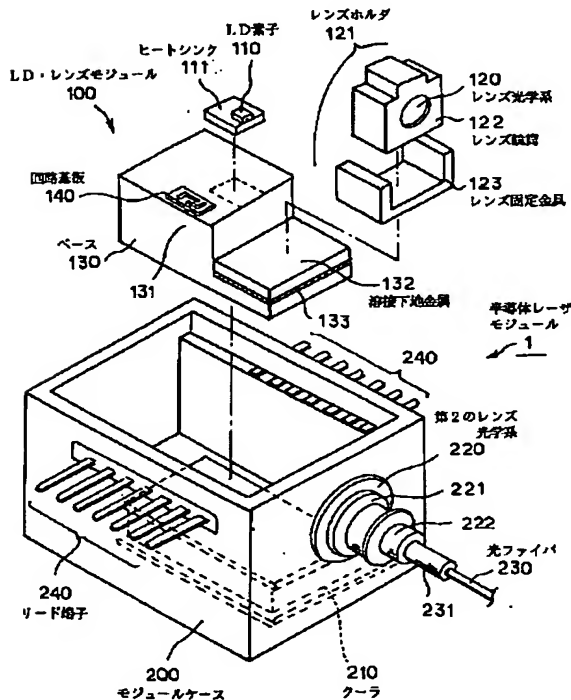
【図7】本発明と従来のLD・レンズモジュールの各部の熱膨張係数を比較して示す図である。

【図8】従来の半導体レーザモジュールの断面構成図である。

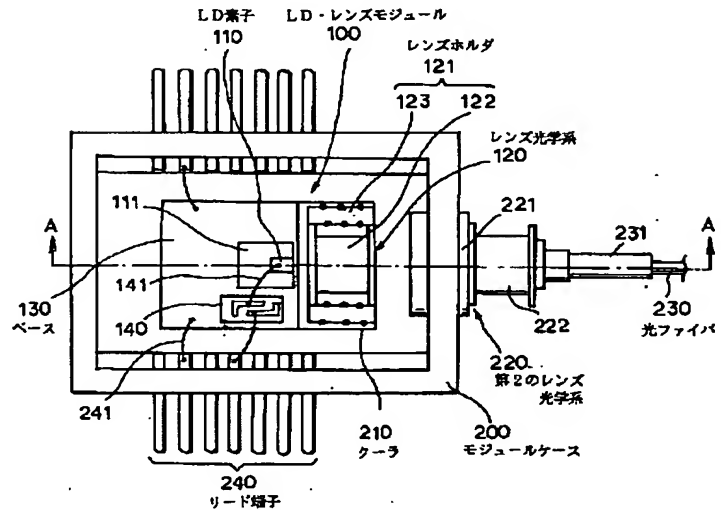
【符号の説明】

- | | | |
|----|-----|-------------|
| 10 | 1 | 半導体レーザモジュール |
| | 100 | LD・レンズモジュール |
| | 110 | LD素子 |
| | 111 | ヒートシンク |
| | 120 | レンズ光学系 |
| | 121 | レンズホルダ |
| | 122 | レンズ鏡筒 |
| | 123 | レンズ固定金具 |
| | 130 | ベース |
| | 132 | 溶接下地金属 |
| 20 | 140 | 回路基板 |
| | 200 | モジュールケース |
| | 210 | クーラ（ペルチェ素子） |
| | 220 | 第2のレンズ光学系 |
| | 230 | 光ファイバ |
| | 240 | コネクタ端子 |

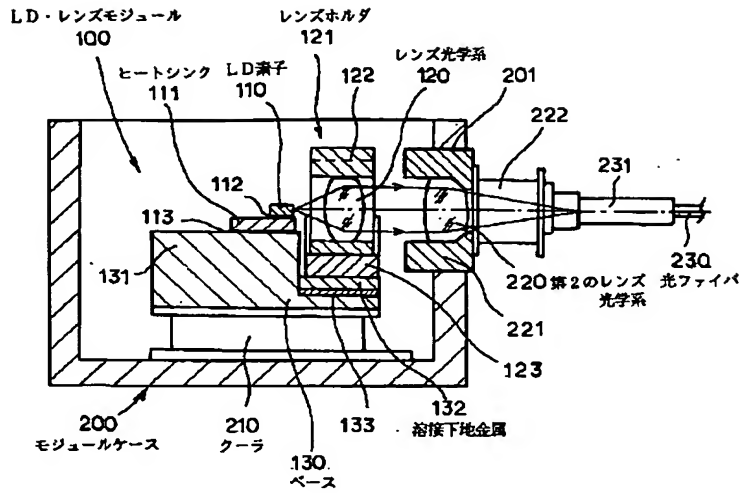
【図1】



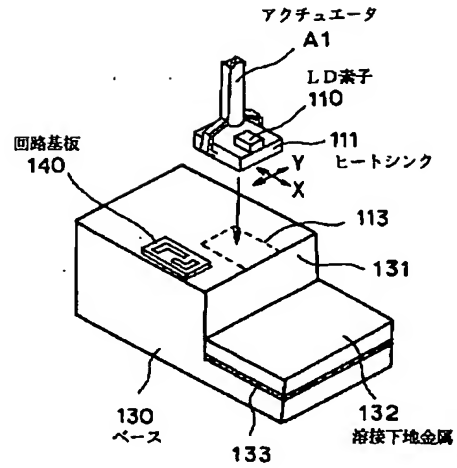
【図2】



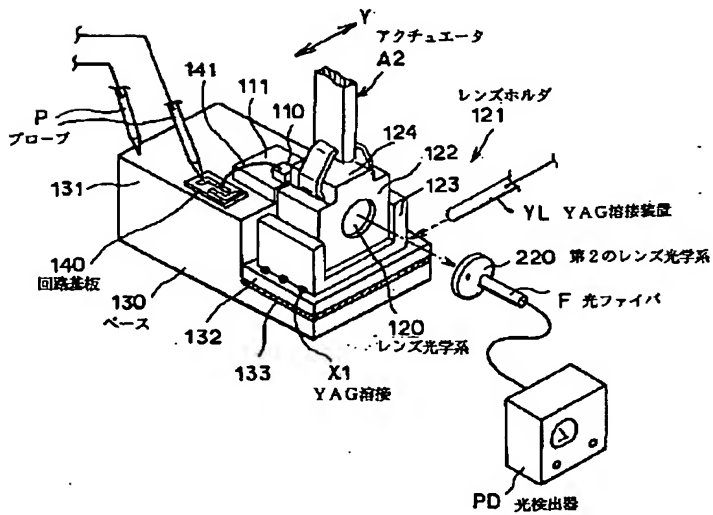
【図 3】



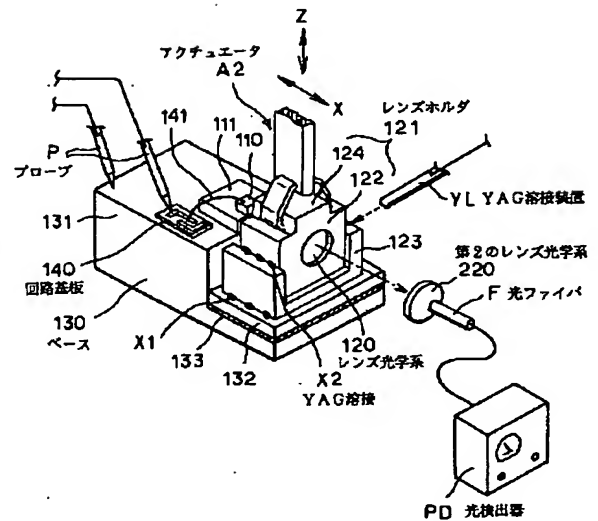
【図 4】



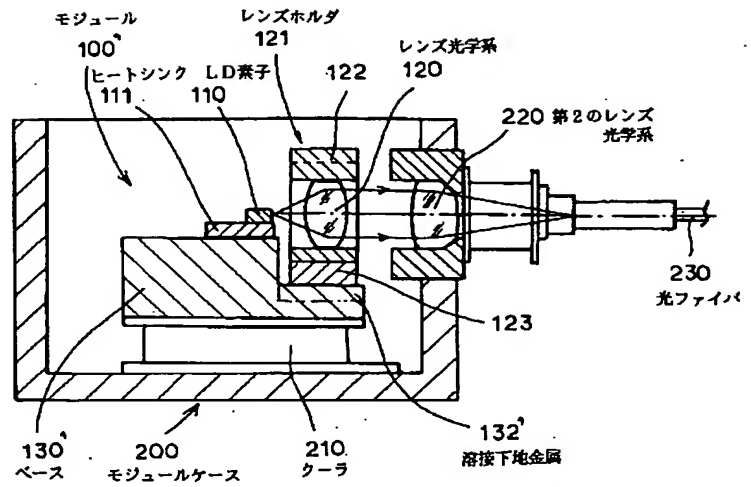
【図 5】



【図 6】



【図 8】



() 内の値は熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)